中部粘板岩冲積土性質與水稻生長及產量之關係研究[1]

李子純、李顯琨、林家棻[2]

前　　言

水稻的生長及產量受環境因素影響極大，此等環境因素可大別爲二類：即物理的及人爲的·物理因素包括氣候與土壤；人爲因素則包括品種、肥料、灌漑及病蟲害防治等。

水稻因生長於浸水土壤中，對土壤的一些特性不如旱作敏感。日本學者認爲影響水稻產量最大的土壤性質爲其陽離子交換能量[9]；爪哇學者認爲水稻產量受土壤母質及土壤新舊影響較大[6]。一般文獻指出當土壤中粘粒含量高（40～60%），粘土礦物爲2：1型者，有機物含量中等，但腐植度高，而排水良好時，其水稻產量必高[5]。

本省中部濁水溪流域，土壤均屬於粘板岩冲積土，其坋粒含量高，土壤反應呈中性至微碱性[1]。由於土壤肥沃，氣候適宜，故爲本省重要農作區域。該區土壤雖一般生產力極高，但據最近調查結果[11]，偶有部份地區則否，究其原因，除部份由於排水不良外，應與土壤性質有關。

由此，本試驗乃選取濁水溪流域內彰化縣之溪州與田尾，以及雲林縣之北斗與西螺四鄉鎮，每鄉鎮各依當地水稻產量之高低選取二處，共八處，其中包括粘板岩新、舊冲積土壤，同時進行田間及溫室水稻盆栽試驗（本報告僅包括盆栽部份）。盆栽因係在相同排水情況下進行，可去除田間因排水及滲濾不同所導致對水稻之影響，故藉本試驗可明瞭不同類別土壤及其性質與水稻生長及產量的關係。

試　驗　方　法

一、土壤：本試驗所用土壤採自溪州、西螺、田尾及北斗四鄉鎮，共八處。

二、溫室盆栽試驗：

1.每盆用土10公斤，各土壤分施肥與不施肥二處理，每重複共8×2＝16盆，計5重複，共80盆，其中2重複計32盆，內植水稻，專供生長期中採取植株樣本供植物分析用；另3重複計48盆，則供生育觀察，產量記錄，並於盆底側裝玻璃管，備生長期中採集土壤溶液用。

2.設計及施肥量：各盆依完全逢機法分8行排列於溫室內，其施肥量一期作爲 N 100 ppm，P 50 ppm，及 K 100 ppm。氮肥以硫銨分基肥及5次追肥施入；鉀肥以氯化鉀分基肥及追肥二次施入；磷肥則以基肥一次施入（過磷酸鈣）。二期作除鉀肥改爲 50 ppm 作基肥一次施入外，餘與一期作同。

三、記錄項目：

1.植物分析　水稻生育期中，分別在其分蘖盛期、分蘖最高期及幼穗形成期採取植株三次，作植物分析。並於收穫後作穀與藁的分析，項目包括 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn及 Si等。

2.土壤分析　各土壤在試驗前先作一般性質分析，項目包括：PH, O.M., Texture, available P, K, active Fe, Mn, CEC 及 exchangeable K, Ca, Mg等。

---

1 試驗報告農試字第六七八號。

2 臺灣省農業試驗所技士、技術員、技正。

3.土壤溶液分析　自插秧時起至抽穗時止，每隔兩星期自試驗盆底側玻璃管採集土壤溶液，作下列項目分析：PH, Total organic acid, HCO^-_3, NH^+_4, P, K, Ca, Mg, Fe^{2+} 及 Mn^{2+}。

4.生長期間觀察並記錄其生長狀況，收穫後記錄其穀、藁產量。

試驗結果與討論

一、土壤性質　試驗用土壤性質分析結果，及其採取地點，所屬土系與試驗代號，如表 1 。（下頁）

二、水稻生長情形與產量：

1.水稻生長情形　一期作係於62年 3 月 9 日插秧、二星期後部份秧苗呈現黃萎病症狀，且病株日益增加，至四星期時因覺病害無法挽救，即將移植四週之秧苗拔除，於 4 月 5 日重插，品種爲臺中65號，每盆插苗 4 株。一期作於 8 月 7 日收割，因插秧期過遲，生長及產量均不如理想。

一期作生長期中，自始即以西螺東興里（ 4 號土）與溪州東州村（ 2 號土）兩土壤內水稻生長較佳，分蘖較多，至分蘖盛期時（插秧後約49日）此二土壤內分蘖情形較其他土壤更佳，而以田尾溪頂里（ 5 號土）及西螺茄苳里（ 3 號土）二土壤內水稻生長情形最差，分蘖最少，至分蘖最高期時（插秧後約67日）情形仍復如是。

二期作於 8 月13日插秧，品種爲臺南 5 號，於12月17日收割。二期作生長情形仍與一期作近似，即 4 號及 2 號土生長最佳， 5 號及 3 號土最差。

2.穀、藁產量　兩期作產量及其構成因素列於表 2 。一期作穀產量以 4 號及 2 號土居首，而以 3 號及 5 號土產量最低。

一期作穀／藁比均在0.23至0.26之間，較通常穀／藁比低落甚多，且二期作平均產量較一期作約高30%，此與本省普通水稻一、二期作產量高低之趨勢適相反，係由於本試驗一期作第一次插秧後罹病害，重新插秧，日期過遲所致，因此其結實率亦異常低落。

三、土壤溶液內養分供應情形與水稻產量之關係

1.養分供應情形　爲明瞭土壤溶液內養分之供應情形與水稻生長及產量之關係，兩期作均自插秧日起至抽穗時止每兩星期自盆底側之玻璃管，以預充氮氣之 250 ml三角瓶採集土壤溶液樣本，作物理及化學測定。

不同土壤各測定項目之變化情形大致相同，僅濃度高低不同。茲以產量較高的西螺東興里土壤（ 4 號土）施肥處理爲例，圖示其一、二期作水稻生長期內土壤溶液各項化學元素含量變化情形。

圖1 示Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^- 及 Total organic acid 之變化，其中以 Ca^{2+}, Mg^{2+} 的含量最高，且一期作較二期作約高一倍，兩期作中其含量均在插秧後第 6 ～ 8 星期急速降低。Organic acid 爲四項目中含量最低者，幾均在 1me/L以內。HCO^-_3 含量各土壤間差異較大，表 3 即以含量較低的 4 號土與含量較高的 5 號及 8 號土施肥處理所作之比較

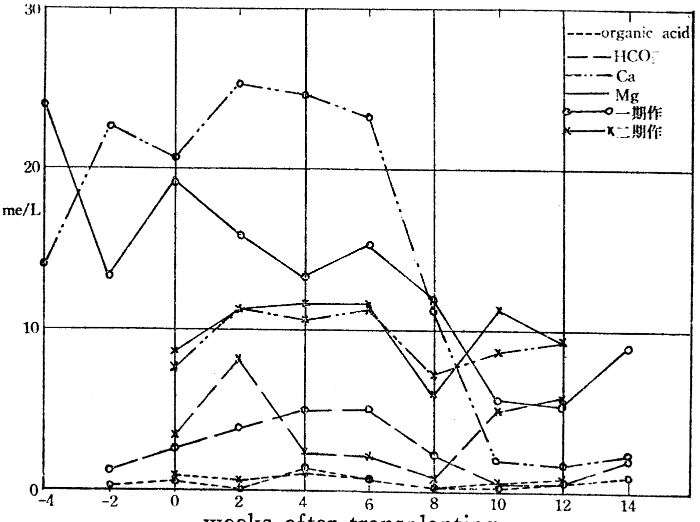

Fig. 1. Kinetics of total organic acid, HCO_3^-, Ca^{2+} and Mg^{2+} in the soil solution

表1. 供試土壤性質

採取地點及	農戶姓名	所屬土系	母質及排水情形	試驗代號	pH	O. M. %	Available Pppm (Bray)	Available Kppm (Mehlich)	Exchangeable+Soluble meq/100 K	Ca	Mg	CEC meq/100	Available Mn ppm	Active Fe %	% Sand	Clay	Silt	Texture
溪州	成功村 鄭水枝	二林系 (Eh)	粘板岩老冲積土排水不完全	1	7.10	3.07	20	21	0.08	7.50	2.05	8.0	52	0.90	11	30	59	SiCL
溪州	東州村 黃秋水	王功系 (Wg)	粘板岩老冲積土排水良一尚良	2	6.20	2.18	42	42	0.12	7.50	1.34	9.4	204	0.88	35	26	39	L
西螺	茄苳 廖學發	鹿港系 (Lu)	粘板岩老冲積土排水不完全	3	7.50	3.43	6	35	0.12	17.50	2.16	12.0	110	1.28	9	40	51	SiCL
西螺	東興里 林元鴻	萬興系 (Wh)	粘板岩老冲積土排水不完全	4	6.30	3.03	87	99	0.34	7.15	2.05	11.7	30	0.95	23	30	47	CL
田尾	溪頂里 陳文標	萬興系 (Wh)	粘板岩老冲積土排水不完全	5	7.80	2.93	34	34	0.14	22.40	3.17	12.0	80	1.05	13	40	47	SiCL
田尾	睦宜村 蕭秋蓮	田中央系 (Ty)	粘板岩老冲積土排水不完全	6	7.40	2.25	37	19	0.06	8.50	1.79	9.2	112	1.05	33	32	35	CL
北斗	中寮里 顏林清	鹿港系 (Lu)	粘板岩老冲積土排水不完全	7	7.40	2.87	42	50	0.18	16.50	2.43	7.3	134	1.21	15	36	49	SiCL
北斗	北斗橋 謝萬里	濁水系 (Co)	粘板岩新冲積土排水良	8	7.35	2.60	27	20	0.06	9.25	1.56	8.2	60	0.95	57	0	43	SL

表2. 產量及構成因素

土號	處理	一期作 穀重	一期作 藁重	一期作 穗數	一期作 每穗粒數	一期作 結實率	一期作 千粒重	二期作 穀重	二期作 藁重	二期作 穗數	二期作 每穗粒數	二期作 結實率	二期作 千粒重
1.	F_0	9.48	31.60	11.67	68.49	52.79	22.46	7.9	10.30	5.7	94.86	65.29	22.38
	F	19.87	76.63	18.67	93.43	51.44	22.14	25.29	36.80	17.0	79.69	82.06	22.75
2.	F_0	11.84	31.90	11.33	79.29	58.37	22.58	10.45	11.80	7.7	66.53	87.84	23.22
	F	21.30	89.87	22.33	90.03	49.16	21.55	28.47	45.50	22.3	60.52	91.72	23.00
3.	F_0	7.61	33.10	12.33	60.99	46.59	21.72	8.16	9.20	5.0	94.54	77.64	22.23
	F	13.43	74.87	16.00	80.23	48.64	21.51	21.38	26.20	14.7	73.03	88.33	22.55
4.	F_0	13.44	45.97	13.00	78.33	58.59	22.53	12.74	13.90	9.7	66.63	86.54	22.78
	F	27.30	114.13	24.33	101.38	51.36	21.55	30.41	47.90	23.3	65.25	88.07	22.71
5.	F_0	4.40	21.70	5.67	81.78	44.43	21.36	8.89	8.80	5.0	84.60	89.83	23.39
	F	12.95	55.47	13.33	89.10	47.94	22.75	25.14	23.70	14.3	79.48	91.97	24.05
6.	F_0	7.29	32.30	10.33	76.67	41.83	22.00	10.20	11.40	6.3	83.02	84.32	23.13
	F	17.27	80.07	16.00	127.90	39.75	21.33	29.85	34.50	18.3	77.69	91.09	23.05
7.	F_0	9.63	40.37	11.67	88.86	40.28	23.06	11.14	11.40	7.0	77.06	88.19	23.43
	F	19.43	80.33	16.67	114.82	45.99	22.07	30.73	33.80	17.0	86.75	89.22	23.36
8.	F_0	8.13	35.80	11.67	78.41	38.33	22.88	9.24	10.00	7.0	75.90	78.35	22.20
	F	17.96	74.37	17.00	108.92	43.92	22.08	26.79	27.90	16.3	78.91	87.85	23.71

表3. 土壤溶液內 HCO_3^- (me/L) 含量之比較

Soil No.	插秧後週數														
	一期作								二期作						
	0	2	4	6	8	10	12	14	0	2	4	6	8	10	12
4.	2.74	3.90	5.12	5.10	2.36	0.61	0.61	1.95	3.56	8.21	2.52	2.28	0.94	5.11	5.83
5.	6.05	9.00	11.95	13.91	18.74	23.66	24.41	22.99	8.46	13.16	6.10	8.28	10.60	18.45	19.67
8.	12.42	18.16	22.86	18.92	18.85	14.08	18.47	22.49	8.07	18.64	9.34	14.67	5.97	18.59	16.75

圖2示 pH 、Fe^{2+} 及 K 的變化：兩期作中 PH 變化相差不大，各土壤於插秧六星期後，其PH均在6.2至7.3之間。Fe^{2+} 在兩期作中含量的變化恰相反，一期作由低升高，二期作則反是（因一期作收穫後不久，土壤尚未完全乾燥時二期作即行插秧）。K 則一期作遠高於二期作。圖2所示之4號土爲八個土壤中含鉀量最高者，茲將其與含鉀較低的3號土比較於表4.（均爲施肥處理）：

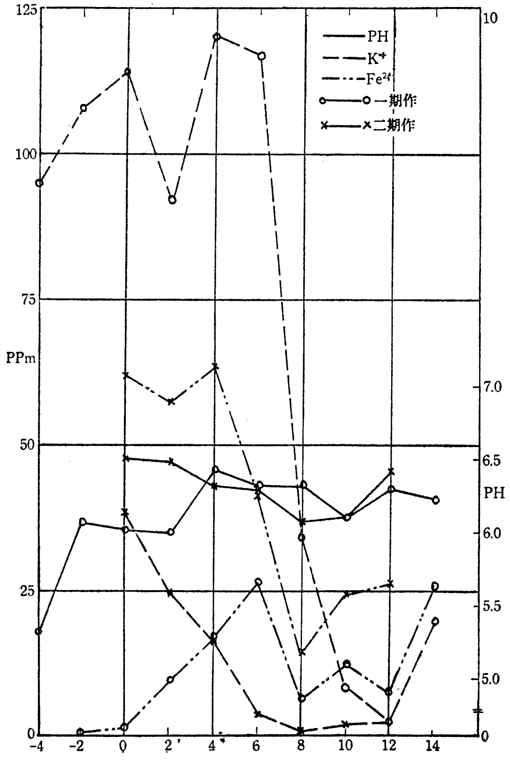

Fig. 2. Kinetics of pH values, K^+ and Fe^{2+} in the soil solution

表4. 土壤溶液內鉀 (K ppm) 含量之比較

Soil No.	插秧後週數														
	一期作								二期作						
	0	2	4	6	8	10	12	14	0	2	4	6	8	10	12
4.	113.7	91.3	120.0	117.0	34.0	8.3	2.5	20.0	38.0	24.3	16.3	3.7	1.0	2.0	2.3
3.	11.6	9.8	12.2	14.7	10.1	3.6	2.0	1.9	13.8	10.9	8.3	3.1	1.6	1.3	1.6

圖3示N、P及 Mn^{2+}的變化：兩期作中N及 Mn^{2+} 的變化極相似。一期作插秧後四星期，N 及 Mn^{2+} 均達最高濃度，至六星期時，又同時急劇降低，其後變化即不大；二期作則在插秧後 2～4 星期達最高，其後即行降低。二者在一期作時的濃度約 2～3 倍於二期作。但 2 號及 7 號土中 Mn^{2+} 的濃度則二期作較一期作爲高，其他各土壤爲一期作較高，但差距不如圖 3 所示 4 號土大。 P的濃度二期作較一期作略高。

2.土壤溶液內養分供應情形與水稻產量之關係（表 5）： PH：本試驗所用土壤之 PH 範圍在 6.2～7.8之間，部分屬於鈣質土壤 (Calcareous Soil) 。由兩期作穀產量與土壤溶液內不同時期 PH 之關係計算結果，大部分時期均呈顯著之負相關關係，知本試驗所用土壤之 PH 範圍內， PH 值對水稻之生長及產量確有極大之影響。實際上 PH 本身對作物之影響並不大，而是由於 PH 影響土壤溶液內其他元素之含量，間接影響及於作物之生長。表 6 顯示本試驗中，土壤溶液內PH與NH_4^+、K 及 Fe^{2+} 的含量，均呈顯著的負相關關係；而與 HCO_3^-、Ca^{2+}及 Mg^{2+} 的含量則呈顯著的正相關關係。

表 6 更可說明一期作中，PH 值高的土壤，含 HCO_3^-、Ca^{2+}及 Mg^{2+}即高，而 K及 Fe^{2+} 的含量則低，因而影響其生長及產量；二期作中，則 P H 高的土壤，其 HCO_3^-、Ca^{2+}及Mg^{2+} 的含量亦高，而 NH_4^+及 Fe^{2+} 的含量則低，因此對水稻生長不利。

NH_4^+:在一期作插秧後 4～6 星期，相當於分蘖盛期開始時，溶液中 NH_4^+ 含量與穀產量呈極顯著的正相關關係 ，依圖6. ，此時溶液中 NH_4^+的濃度在 3ppm 以上時，即可獲中等產量。二期作前期因氣溫較高，水稻發育快，植物性生長期短，插秧後四星期時約爲分蘖最盛期，此時溶液內 N 的含量與產量關係亦最密切。 四星期後 N 的含量即漸與水稻產量呈負相關關係（然未達顯著標準）。

P: 土壤溶液內 P 的濃度，在一期作插秧後四星期時與稻穀產量成顯著正相關關係。二期作則在插秧後 8～10星期時與穀產量成顯著的負相

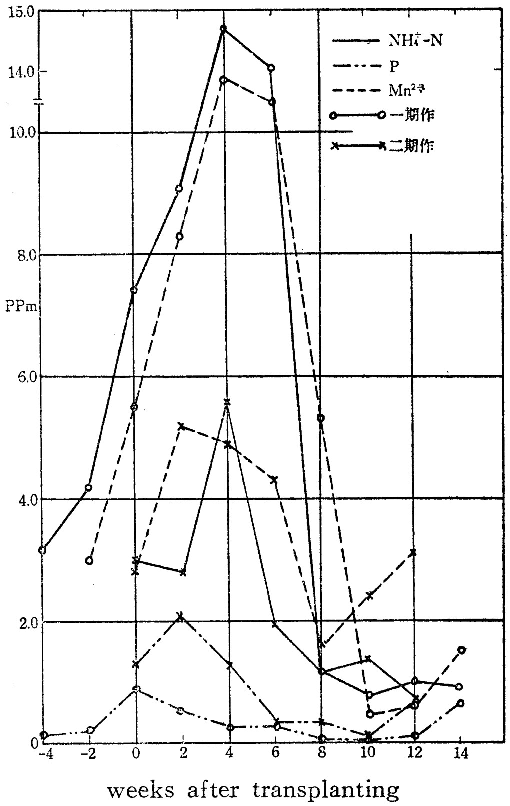

Fig. 3. Kinetics of NH_4^+—N, P and Mn^{2+} in the soil solution

表 5. 土壤溶液內化學成分含量與稻穀產量之關係

項目 \ 期作別 / 插秧後週數	一期作 -4	一期作 -2	一期作 0	一期作 2	一期作 4	一期作 6	一期作 8	一期作 10	一期作 12	一期作 14	二期作 0	二期作 2	二期作 4	二期作 6	二期作 8	二期作 10	二期作 12
pH	-0.434	-0.464	-0.523*	-0.551*	-0.456	-0.559*	-0.613*	-0.646**	-0.794**	-0.887**	-0.217	-0.435	-0.530*	-0.718**	-0.733**	-0.504*	-0.655**
NH_4^+	-0.378	0.461	0.419	0.366	0.659**	0.818**	0.014	-0.098	-0.182	-0.319	0.372	0.172	0.657**	-0.071	-0.441	-0.465	-0.225
P	0.168	0.123	0.448	0.452	0.541*	0.450	-0.246	-0.220	-0.223	-0.048	0.270	0.004	-0.166	-0.424	-0.634**	-0.567*	-0.407
K	0.538*	0.426	0.445	0.460	0.483	0.580*	0.315	-0.010	-0.068	0.093	0.385	0.188	0.239	-0.011	-0.382	-0.364	-0.295
Fe^{2+}	—	0.006	-0.129	0.113	0.333	0.317	-0.275	-0.189	-0.361	-0.169	0.107	-0.147	0.162	-0.065	-0.402	-0.470	-0.447
Mn^{2+}	—	0.507*	0.135	0.132	0.146	0.161	-0.318	-0.258	-0.460	-0.305	0.190	0.310	0.392	0.382	0.064	0.004	0.300
Ca^{2+}	0.159	0.152	0.037	0.037	0.128	0.162	-0.451	-0.268	-0.560*	-0.608*	0.369	0.443	0.230	0.307	-0.214	-0.136	0.122
Mg^{2+}	0.271	0.068	-0.035	-0.139	-0.419	-0.111	-0.439	-0.649**	-0.741**	-0.776**	0.048	-0.073	-0.338	-0.421	-0.593*	-0.570*	-0.328
Total organic acid	—	0.189	-0.186	-0.290	0.214	-0.068	-0.377	-0.178	-0.245	-0.415	0.390	0.327	0.248	-0.447	-0.457	-0.414	0.124
HCO_3^-	—	-0.289	-0.236	-0.247	-0.236	-0.400	-0.662**	-0.729**	-0.790**	-0.782**	-0.403	-0.281	-0.800**	-0.659**	-0.730**	-0.645**	-0.560*

*5 %顯著平準　　** 1 %顯著平準

表 6. 土壤溶液內 PH 與其他化學成分含量之關係

項目 ＼ 插秧後週數 ＼ 期作別	一期作		二期作	
	6	10	4	8
NH_4^+	− 0.339	0.075	− 0.775**	0.480
P	0.216	− 0.111	− 0.167	0.428
K	− 0.523*	− 0.271	− 0.218	0.366
Ca^{2+}	0.546*	0.673**	0.317	0.525*
Mg^{2+}	0.676**	0.742**	0.318	0.664*
Total organic acid	− 0.030	− 0.084	− 0.483	0.038
HCO_3^-	0.735**	0.856**	0.689**	0.834**
Fe^{2+}	− 0.693**	− 0.210	− 0.625*	0.428
Mn^{2+}	− 0.156	0.364	− 0.040	0.260

*5 %顯著平準　　　　** 1 %顯著平準

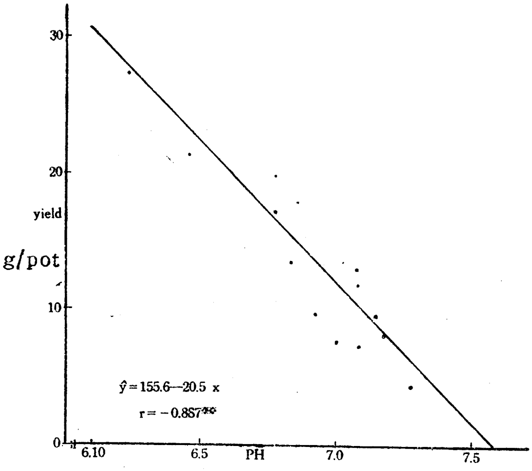

Fig. 4. Relationship between grain yield and the pH of soil solution at 14 weeks after transplanting

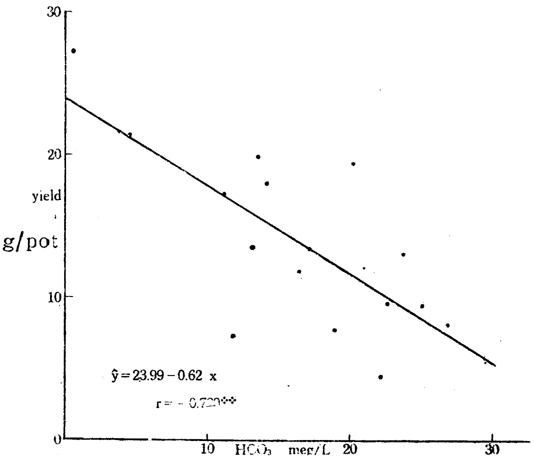

Fig. 5. Relationship between grain yield and HCO_3 content in the soil solution at 10 weeks after transplanting

關關係。此或由於該時期內水稻對 N 的需要量亦低，而水稻對 N、P 的吸收係呈正相關。

K: 溶液內 K 的含量，一期作以插秧後六星期時與穀產量關係最為密切；二期作則產量與 K 的關係均未達顯著標準。

Fe^{2+}及Mn^{2+}: 一期作插秧後的前數星期 7 號及 5 號兩土壤內水稻葉片均呈黃化現象 (Chlorosis)。由土壤溶液測定結果，知此二土壤在此時期內氮的含量並不低，但 Fe^{2+} 的含量則在插秧後八星期

內均在 2ppm 以下。對水稻生長而言，Fe^{2+} 在 2ppm 以下時即屬不足（2,7），對其發育應有影響，雖表3. 顯示在本試驗中，溶液內 Fe^{2+} 的含量與穀產量關係未達顯著標準。 Mn^{2+} 的含量與穀產量兩期作中亦無顯著關係。

Ca^{2+} 及 Mg^{2+}： 表3.顯示溶液中Ca^{2+}的含量，在一期作插秧後12～14星期內與稻穀產量成顯著的負相關關係； Mg^{2+} 則在一期作插秧後10～14星期，二期作 8 ～10星期內成顯著的負相關關係，此時期內過量的 Ca^{2+}、Mg^{2+}似足以嚴重阻礙水稻生長，而降低其產量。

Total organic acid: 本試驗中有機酸的濃度均不高（最高濃度爲 3me/L，亦僅出現短期間），故與稻穀產量沒有顯著的關係。

HCO^-_3:本試驗中，與水稻產量關係最大者，除土壤溶液 PH 值以外，即屬溶液中 HCO_3^- 的含量，鈣質土壤（Calcareous soil）中， PH 與 HCO^-_3 濃度關係密切，爲已知之事實（3,10）。表6亦顯示在本試驗中，土壤溶液 PH 與 HCO^-_3 幾全屬極顯著的正相關關係（圖 7.）。土壤溶液中 HCO^-_3 及 Ca^{2+} 的含量過高，能妨礙作物對鉀的吸收，而影響生長（8），減低產量。

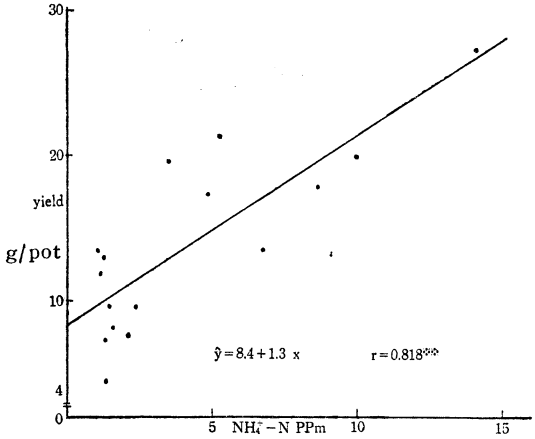

Fig. 6. Relationship between grain yield and NH_4^+ content in the soil Solution at 6 weeks after transplanting

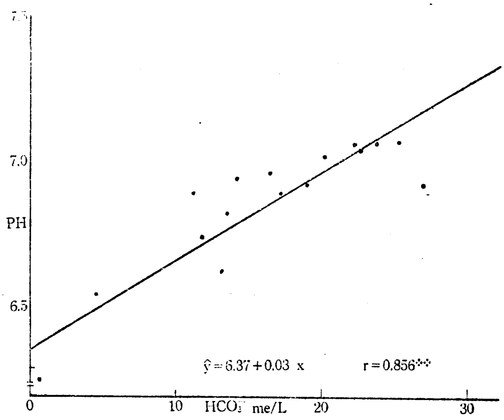

Fig. 7. Relationship between pH and HCO_3- content in the soil solution at 10 weeks after transplanting

四、水稻生育期中養分含量與土壤溶液中相關元素濃度的關係

本試驗曾於一期作各主要生育期內採取植株樣本三次，作植物分析。茲將分析結果與同時期內土壤溶液中相關元素的濃度關係，說明如次：

1.植株中 K 的含量與土壤溶液中K^+、HCO_3^-、Ca^{2+} 及 Mg^{2+} 含量的關係：

表7. 植株中 K 含量與土壤溶液中 K^+, HCO_3^-, Ca^{2+} 及 Mg^{2+} 的關係

項目 \ 生育期	分蘗盛期	分蘗最高期	幼穗形成期
K^+	0.319	0.325	0.331
HCO_3^-	− 0.534*	− 0.445	− 0.405
Ca^{2+}	− 0.124	0.106	− 0.055
Mg^{2+}	− 0.284	− 0.272	− 0.146

由上表知植株中含 K 量與土壤溶液中 K^+、Ca^{2+} 及 Mg^{2+} 濃度的關係均不如 HCO_3^- 密切。HCO_3^- 與植株內 K 含量均呈負相關關係，雖僅分蘖盛期的關係達顯著標準，此可證明土壤中 HCO_3^- 確能阻礙水稻對鉀的吸收。

2.植株中 N、P 的含量與土壤溶液中 N、P 及 PH 的關係：

植株中 N 的含量僅在分蘖盛期時與土壤溶液中 NH_4^+ 含量成顯著正相關關係，而與 PH 無顯著關係（表8）。

表 8. 植株中 N,P 與土壤溶液中 N,P 及 PH 的關係

植株中	土壤溶液中	分蘖盛期	分蘖最高期	幼穗形成期
N	NH_4^+	0.524*	− 0.176	− 0.413
	pH	− 0.383	− 0.300	0.310
p	P	0.218	0.242	0.473
	pH	− 0.732**	− 0.670**	− 0.356

植株中 P 的含量與土壤溶液中 P 的含量關係均未達顯著標準，但與土壤溶液 PH 成極顯著的負相關關係，顯示在本試驗中， PH 較高的土壤內，作物對磷的吸收已受阻礙。此或由於此等 PH 較高的土壤，鈣含量亦高，而當 PH 在 7 以上時 ，土壤中過量的鈣更能阻礙作物對磷的吸收及利用 (4) 。

五、水稻穀、藁中三要素含量間的關係

本試驗曾於水稻收穫後，將穀、藁分別作植物分析，並計算 N、P、K三要素間的關係（表9），發現其中僅 N、P 在二期作藁中有顯著正相關關係，由此亦可解釋二期作中稻穀產量與土壤溶液中 P 含量（表 5）在插秧後 8 至10星期時呈顯著負相關關係的原因。該時期內土壤溶液中 NH_4^+含量亦與穀產量成負相關關係。

表 9. 水稻谷、藁中三要素含量間之關係

	一期作		二期作	
	穀	藁	穀	藁
NP	0.017	0.382	0.410	0.696**
NK	− 0.022	− 0.239	0.169	0.130
PK	0.424	0.081	0.003	0.261

結論與摘要

爲明瞭中部粘板岩冲積土性質與水稻生長及產量之關係，在濁水溪灌溉區域內溪州、田尾、西螺及北斗四鄉鎮，每鄉鎮各依當地水稻產量高低選取二處，共計八處，其中包括粘板岩新冲積土一及舊冲積土七，分屬六種不同土系，同時進行田間及溫室水稻栽培試驗。

溫室試驗分施肥與不施肥兩處理，共5重複，計 8×2×5=80 盆，依完全逢機法分 8 行排列於溫室內。其中 2 重複計32盆專供水稻生育期中採取植株，供植物分析用；另 3 重複則爲生育觀察，產量記錄，並於盆底側裝玻璃管，定期採取土壤溶液作物理化學測定。

分析項目除土壤一般性質測定外，並於水稻生長期中定期作土壤溶液及植株分析，以明瞭土壤養分供給量與水稻生長及吸收之狀況，收穫後稱量穀、藁重量，並作植物分析。

本試驗所用 8 土壤中，產量最高者爲西螺東興里、溪州東州村與北斗中寮里 3 土壤；最低者爲西螺茄苳里與田尾溪頂里土壤。一期作中，產量最高與最低者相差幾達一倍；二期作則僅達24%左右。

由水稻插秧後至出穗時止，每兩星期所作土壤溶液分析結果，知穀產量與土壤溶液中 PH 及 HCO_3^- 含量關係最爲密切，多呈顯著負相關關係。

本試驗所用土壤 PH 在6.2至7.8之間，部分屬於鈣質土壤（Calcareous soil），經浸水插秧六星期後，各土壤 PH 約在6.2至7.3之間，PH 差僅約 1 單位，PH 本身對作物生長影響並不大，但 PH 能影響土壤溶液中其他元素的含量，而間接及於作物的生長。由本試驗所得資料計算結果，知土壤溶液中 PH 與 HCO_3^- 及 Ca^{2+}、Mg^{2+} 含量成顯著正相關關係，而與 NH_4^+、K^+ 及 Fe^{2+} 含量則成顯著負相關關係。

由本試驗水稻生長期中所作植物分析結果與同時期內土壤溶液中各相關元素含量間的關係比較，知植物體內鉀含量與土壤溶液中 HCO_3^- 含量成顯著負相關關係，則本試驗中，土壤溶液內 HCO_3^- 含量確已達阻礙植物對鉀吸收的濃度。又植物體中磷的含量與土壤溶液中 PH 成極顯著負相關關係。顯示在本試驗中，PH 較高土壤內，作物對磷的吸收已受阻礙，此或由於當土壤在 PH 7以上，鈣的含量亦高，土壤中過量的鈣更能阻礙作物對磷的吸收及利用。

是則中部粘板岩冲積土部分低產地區的低產原因，應係由於水稻生長期中土壤溶液內所產生過量的 HCO_3^-、Ca^{2+} 及 Mg^{2+} 所導致。

CHARACTERISTICS OF THE SLATE ALLUVIAL SOILS IN CENTRAL TAIWAN ASSOCIATED WITH THE GROWTH OF LOWLAND RICE

T. S. Lee Wang, H. K. Lee, C. F. Lin

SUMMARY

To evaluate soil characteristics of the slate alluvial soils in central Taiwan as related to the growth and yield of rice, a greenhouse experiment was carried out simultaneously with a field trail. Eight soils were selected from Cho Shui irrigation area, including both new and old slate alluvial soils belong to six different soil series (This report includes only the greenhouse experiment).

Two treatments (with and without fertilizer) with five replicates, a total of 80 pots were arranged in eight rows in a completely randomized design in the greenhouse. The fertilizers used in the first crop(April to August)were N, 100 ppm, P, 50 ppm, and K, 100ppm as ammonium sulphate, calcium superphosphate and potassium chloride respectively. It was the same in the second crop(August to December) except that of K was only 50 ppm.

The items analyzed in this experiment were soil properties, soil solution determination and plant analysis in both the vegetative and reproductive phase of the rice plant. After harvesting, the yield and yield components were recorded and the straw and grain were analyzed.

Of the eight soils used in this experiment, the highest yielding soils were soils No. 4, 2, and 7. The lowest were soils No. 3, and 5. The difference was much wider in the first than in the second crop.

A very significant negative correlation was found between grain yield and the pH values and HCO_3^- content in the soil solution in most of the sampling period.

The pH values of the eight soils used ranged from 6.2 to 7.8, some of them were calcareous soil. Six weeks after transplanting, the pH values were between 6.2 and 7.3, a difference of only 1 unit. Though pH *per se* generally is not regarded as an important factor in affecting plant growth, it influences the nutrient content in the soil solution, thus, affecting the growth and yield of the rice plant. It was found in this experiment that the pH values in the soil solution were significantly correlated with the HCO_3^-, Ca^{2+} and Mg^{2+} content in the soil solution, but negatively correlated with the NH_4^+, K^+ and Fe^{2+} content in the soil solution.

By comparing the relation between nutrient content in plant tissue during the course of plant growth and the related nutrients in the soil solution of the same period, it was found that the K content in the rice plant was negatively correlated with the HCO_3^- content in the soil solution. This shows that the HCO_3^- content in the soil solution of some of the soils in this experiment did reach the level to retard potassium uptake.

The phosphorus content in the rice plant was also found negatively correlated with

the pH values of the soil solution. Phosphorus absorption was retarded in some of the soils with higher pH values in this experiment. It is due to the fact that when pH values is above 7, the excess calcium may further hinder phosphorus absorption and utilization.

In conclusion, the low yield of some slate alluvial soils in central Taiwan may be caused by the abnormally high concentrations of HCO_3^-, Ca^{2+}, and Mg^{2+} produced during the course of rice growth.

參考文獻

1. 王新傳 1969. 彰化縣土壤調查報告。
2. Aiyar, S. P. 1946. The place of minor elements in rice growing. Ind. Farming (7) : 11-14
3. Bear, F. E. 1960. Chemistry of the soil, p. 226
4. Buckman, H. O. and N. C. Brady, 1960. The nature and properties of soils , 6th Ed. p. 371
5. Chandler, R. F. JR. 1963. An analysis of factors affecting rice yield. International rice commission Newsletter, 41: (4)
6. Hauser, G. F. and R. Sadekin. 1956. The productivity of the soils of East Central Java based on the yields of sawahi rice.
Pemberitaan Balai Basar Penhilidakan Pertanian, No. 144, Parts 1-4
7. Kapp, L. C. 1936. Study of relation of growth to nutrition of the rice plants. Ark. Agr. Exptl Sta. Bull. No. 335
8. Lian, S. and A. Tanaka. 1972. Calcarious soils in Pingtung area (Taiwan) in relation to the growth of Lowland rice. Soil Sci. and Plant Nutrition 18(1): 15-22
9. Matsuo, H. 1963. High yield of paddy rice and potash. Potash Review. Subject 9, Cereal crops. 8th Suite International Potash Institute, Berne, Switzerland.
10. Ponnamperuma, F. N. 1967. A theoretical study of aqueous carbonate equilibria. Soil Sci. 103(2): 90-100
11. 林家棻、陳春泉、李顯琨、王幼惠 (1974) 臺灣中部土壤特性與稻穀收量關係調查報告，農業研究二十三卷第三期。